

**ASSOCIAÇÃO CULTURAL E EDUCACIONAL DE GARÇA
FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**

**TAMANHO DA AMOSTRA PARA AJUSTE DE MODELOS
HIPSOMÉTRICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Márcio José Ferreira

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e
Engenharia Florestal de Garça, como parte das
exigências para obtenção do título de Engenheiro
Florestal

GARÇA- 2004

1. Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAF's) têm sido difundidos como alternativa para recuperação de áreas, por meio da combinação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e animais, resultando na melhoria nas propriedades físico-químicas do solo (REINERT, 1998). A incorporação de árvores em sistemas de produção de alimentos é uma prática relativamente antiga, conduzida visando o atendimento de necessidades básicas relacionadas com alimento, madeira, lenha e forragem.

Os SAF's são muito flexíveis, permitindo a utilização de espécies e ecossistemas de todo o mundo. Para cada local deve ser encontrado um manejo específico e preferencialmente baseado nos princípios agroecológicos, a fim de garantir a produção de alimentos de alta qualidade biológica aliada a uma estabilidade ecológica e socioeconômica da produção no longo prazo. Ajustando-se de acordo com o tamanho da propriedade e com o nível econômico dos gerenciadores do sistema, os SAFs podem atender desde agricultores familiares em pequenos hortos caseiros até grandes empresas em plantações florestais.

O sistema agroflorestal, a qual foi objeto de estudo inicia-se com o plantio de arroz e clones de eucalipto no ano zero do horizonte de planejamento, seguido por plantio de soja no ano 1 e do plantio de gramínea (pastagem) no ano 2. O componente animal é introduzido no sistema no terceiro ano e permanece no mesmo até que o eucalipto chegue a idade de 13 anos, final de sua rotação.

Se por um lado os procedimentos de biometria, inventário e mensuração estão bem definidos para plantios convencionais de eucalipto, para SAF's ainda existem algumas interrogações importantes. Pesquisas recentes conduzidas na CMM têm apontado para parcelas permanentes retangulares com cerca de 1200 m², intensidades de amostragem de 1:15 ha. Apesar dessas e de outras indicações resultantes de pesquisas recentes, persistem questionamentos sobre medição de altura em parcelas permanentes no SAF. Por se tratar de plantios clonais com cerca de 250 a 350 árvores plantadas por hectare, é esperada uma certa homogeneidade nas estruturas vertical e horizontal, entretanto, isto não tem sido confirmado pelo inventário florestal contínuo.

Assim, a amostragem para fins de estabelecer relações hipsométrica merece ser investigada.

A relação hipsométrica (curva altura-diâmetro construída com dados de parcelas permanentes ou temporárias) é um instrumento essencial em inventário florestal. Para plantios convencionais de eucalipto essa relação, em diferentes idades, é bem conhecida. Da mesma forma, já existe um consenso sobre o número de árvores a serem mensuradas por parcela visando o ajuste da relação. Considerando que o referido conhecimento e consenso não ocorre no caso do SAF, idealizou-se este estudo com o objetivo de avaliar as relações entre diâmetro e altura e investigar as relações hipsométricas em SAFs com diferentes idades e clones. O estudo foi conduzido utilizando dados do Inventário Florestal Contínuo (IFC) da Companhia Mineira de Metais.

2. Revisão de Literatura

2.1. Florestas Plantadas

A opção prioritária do Brasil com relação à floresta plantada se baseou principalmente em dois gêneros: *Pinus* e *Eucalyptus*, que somados correspondem a aproximadamente 4.9 milhões de hectares (SBS, 2004).

Estes gêneros encontraram ambientes favoráveis para o seu desenvolvimento e, com emprego de técnicas florestais de manejo, fizeram com que alcançassem os maiores índices de produtividade do mundo (SILVA, 2001).

Segundo RODRIGUES (1997), a implantação de florestas equiâneas pode trazer uma série de benefícios como: o aumento de empregos diretos e indiretos; a diminuição da pressão sobre as florestas nativas; a proteção da superfície do solo diminuindo os riscos de erosão; diminuição do assoreamento de nascentes, lagos e represas; regulação da vazão dos mananciais hídricos e melhoria na qualidade da água; maior biodiversidade; aumento do conforto térmico e especialmente, a fixação do dióxido de carbono da atmosfera.

Segundo PASSOS & COUTO (1997), os plantios homogêneos podem trazer, aos produtores rurais, benefícios da seguinte ordem: Ecológicos – melhoria da conservação do solo, da água e do microclima para as plantas e animais, aumento da biodiversidade, redução dos impactos ambientais negativos locais e regionais e redução das pressões sobre as vegetações naturais remanescentes; Sociais - melhoria da distribuição da mão-de-obra ao longo do ano, diversificação da produção, melhoria das condições de trabalho no meio rural e melhoria da qualidade de vida o produtor; Econômicos - obtenção de produtos florestais e agrícolas na mesma área, redução das perdas na comercialização, redução dos custos de implantação e manutenção florestal e aumento da renda líquida por unidade de área da propriedade.

Atualmente a visão da floresta plantada como unidade de produção é o ponto inicial para a gestão da indústria florestal na busca da competência, especialmente na maximização da rentabilidade através de manejo adequado, dirigida à produção de indivíduos com números dendrométricos significativos, cujas toras produzirão produtos de alto valor agregado. Portanto, a floresta plantada se tornou dentro do organograma estratégico das indústrias florestais uma unidade de negócio independente, cujos produtos são definidos pela composição das expectativas de mercado combinadas com o plano de ordenamento florestal a serem aplicados a médio e longo prazo (ARATO, 2003).

2.2. Princípios do Inventário Florestal

A biometria florestal é um dos ramos da ciência florestal que trata das medições das árvores e dos povoamentos, visando avaliar os seus volumes, bem como estudar as leis que regem o seu crescimento ao longo do tempo (FINGER, 1992). Portanto, a biometria envolve dendrometria e métodos estatísticos.

Segundo CAMPOS e LEITE (2002), o inventário florestal trata dos procedimentos de obter informações quantitativas e qualitativas de um povoamento florestal. Na sua execução, são envolvidas diferentes áreas de atividade, desde a cartografia da área as técnicas de medição, amostragem e computação, entre outras.

2.3. Sistemas Agroflorestais

As diferentes práticas agrícolas atuais abrangem desde os modelos alternativos, tais como a agricultura orgânica, biodinâmica, biológica, natural e outras, consideradas sustentáveis (PASCHOAL, 1995), até os modelos intensivos de produção, que comportam inúmeras externalidades negativas, contrastando com o sucesso na produtividade e no suprimento de alimentos para a humanidade (SHIKI, 1995).

Os sistemas agroflorestais apresentam grande potencial para solucionar diversos problemas, em termos ecológicos e sócio-econômicos, com grande aceitação e adotabilidade por parte dos agricultores. Para isso, torna-se necessário um trabalho de difusão, mas com a participação dos agricultores em todo o processo, e que o enfoque seja sistêmico, resgatando a importância das árvores no sistema de produção. (FRANCO, 1995)

Dentre os modelos alternativos, ou tecnologias agroecológicas sustentáveis destacam-se os sistemas agroflorestais. Essas tecnologias são capazes de criar agroecossistemas produtivos menos dependentes de recursos externos a eles (KAIMOWITZ, 1996), estando baseadas em princípios e processos que satisfazem requisitos ambientais (KNIGHT, 1980, citado por ALTIERI, 1991), combinando tanto elementos do conhecimento tradicional, quanto da ciência moderna (ALTIERI, 1991).

São muitas as necessidades e justificativas para o reflorestamento, especialmente com árvores de uso múltiplo em monocultivo ou em sistemas agroflorestais, as quais variam de acordo com as características ambientais e socioeconômicas de cada região.

A presença de árvores favorece os sistemas de produção agroflorestais em aspectos como a manutenção da ciclagem de nutrientes e o aumento na diversidade de espécies (FRANKE et al., 2000). MACDICKEN & VERGARA (1990) e YOUNG (1994) denominam sistemas agroflorestais (SAFs), genericamente, os sistemas produtivos que incluem árvores em consórcio e, ou, associação com culturas agrícolas e, ou, com criação de animais.

Estes sistemas são apontados como opções preferenciais de uso da terra pelo seu alto potencial de aumentar o nível de rendimento em relação a aspectos agronômicos, sociais, econômicos e ecológicos. A implantação de sistemas silvipastoris tem permitido o aumento da capacidade de suporte das pastagens, a conservação do solo e da água e a oferta de produtos madeiráveis.

Outro benefício ocasionado pela presença das árvores é a manutenção da pastagem verde mesmo durante o inverno, após a ocorrência de geadas. Para Porfírio da SILVA & MAZUCHOWSKI (1999), estes fatos estão motivando a transformação de pastagens puras em sistemas associados à produção de madeira e de outros produtos florestais.

Nos sistemas silvipastoris e, ou, agrossilviculturais verificam-se a mitigação de extremos climáticos e o aumento na produção total/área, que são conseqüências do microclima e das interações entre os componentes do sistema.

As árvores modificam o ambiente, o que o torna mais estável, modifica os picos térmicos (máximos e mínimos), altera o comportamento animal e melhora sua eficiência, obtendo-se melhor produção (YOUNG, 1994). A queda gradual da produtividade das culturas anuais e, ou, perenes, reflexo da perda de fertilidade do solo gerada pelo declínio de matéria orgânica e pela deficiência de ciclagem de nutrientes no solo, tem se tornado evidente nos sistemas de agricultura tradicional.

As espécies arbóreas, a serem utilizadas em sistemas agroflorestais, devem ter características como adaptação a solos com problemas de fertilidade, boa produtividade, capacidade de rebrota e resistência a podas e pastejo, resistência a doenças (HUXLEY, 1983). Nesse contexto, diversas espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam grande potencial para serem utilizadas em sistemas agroflorestais principalmente em áreas de cerrado onde essas espécies tiveram uma boa adaptação.

A utilização de espécies nativas, principalmente leguminosas arbóreas ou arbustivas, como forma de melhorar a fertilidade natural dos solos tem sido uma prática bastante comum nas regiões tropicais, destinadas à produção de alimentos básicos (MAGALHÃES et. al., 2000).

Por outro lado, apesar dos benefícios que os sistemas agroflorestais podem trazer, pouco se sabe sobre a magnitude das modificações microclimáticas e das respostas ecofisiológicas das espécies arbóreas e das culturas agrícolas e, ou, pastagens decorrentes de sua implantação (SÁ, 1994).

3. Material e Métodos

3.1 Caracterização da Área

Este estudo foi conduzido em plantios de eucalipto, em sistemas agroflorestais, na fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais S.A. (CMM), do Grupo Votorantin, município de Paracatu-MG, onde foram mensuradas parcelas de 1.200 m² na intensidade de 1 parcela para cada 10 hectares.

O clima da região é tropical úmido de savana, com inverno seco e verão chuvoso, portanto do tipo Aw na classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 22,6 °C, tendo uma média mensal de 18 °C na estação mais fria e 29,1 °C na mais quente. A precipitação média anual é de 1.450 mm, apresentando nos meses mais secos precipitações médias mensais inferiores a 60 mm. A vegetação é constituída por cerrados, representada por seus vários tipos, desde campos a cerradões e florestas ciliares subperenifólias, principalmente nas proximidades dos rios, desenvolvida sobre solos derivados de basalto (GOLFARI, 1975). O solo predominante na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

3.2 Instrumentos utilizados

Os instrumentos utilizados no presente trabalho foram o hipsômetro de Blume-Leiss, a fita diamétrica e a trena. A seguir são apresentadas algumas considerações teóricas e, também, de ordem prática, sobre esses instrumentos.

3.2.1 Hipsômetro de Blume-Leiss

O hipsômetro de Blume-Leiss (Figura 1) é um dos hipsômetros mais comuns e se baseia no princípio trigonométrico, dado pela expressão:

$$H = L (\alpha \pm \beta)$$

onde:

H = altura da árvore

L = distância da árvore ao operador

α = ângulo de visada do ápice da árvore

β = ângulo de visada da base da árvore

O visor do aparelho apresenta quatro escalas visíveis ao mesmo tempo, correspondentes às distâncias de 15, 20, 30 e 40m, entre o observador e a árvore. A graduação dessas escalas está em função da relação $BD = L \operatorname{tg}\alpha$, isto é, são escalas graduadas em metro, desde que a distância L (distância do operador até a árvore) seja também em metro. Uma quinta escala, na parte inferior está graduada em graus, que é utilizada para determinar a declividade do terreno.

Acoplado ao instrumento, existe um prisma, com filtro (telêmetro), que permite determinar a distância entre o observador e a árvore. Para isso, utiliza-se de uma mira específica dobrável, que é fixada na árvore, a qual contém diversas faixas brancas transversais, que, por sobreposição de imagens, ao se olhar pelo telêmetro, indica a exata distância do observador até a árvore. A distância mais indicada para se proceder as leituras não deve ser inferior à altura da árvore a ser medida (CAMPOS & LEITE, 2002).

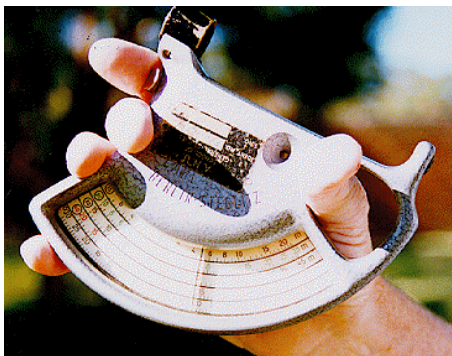


Figura 1 - Detalhe do aparelho utilizado no levantamento.

3.2.2 Fita diamétrica

A fita diamétrica é graduada em múltiplos de π (3,1416...), com o objetivo de transformar a circunferência em diâmetro e essa relação se dá pela seguinte expressão:

$$D = C/\pi$$

onde:

D = diâmetro

C = circunferência

Para melhorar a precisão do levantamento quando do uso da fita, o operador necessita dos seguintes cuidados:

- evitar medir o diâmetro sobre os pontos com deformação;
- evitar medições com a fita inclinada em relação a perpendicular do tronco;
- sempre medir na altura de 1,30 m do solo, equivalente ao DAP.

Em dendrometria, todas as seções de uma árvore são consideradas circulares, embora nem sempre isso ocorra. Assim, quando da utilização da fita num tronco com forma ovalada, o valor obtido é a resultante da divisão do perímetro pelo valor de π e deve representar a área basal da seção. Ou seja, o valor depende do perímetro e não da forma do tronco, diminuído o erro em relação à suta.

3.2.3 Trena

Instrumento este utilizado para medir distâncias por ocasião da marcação e da medição das parcelas; é utilizada também para medição da altura das árvores abatidas e para calibração de distancia horizontal durante a medição da altura de árvores em pé.

3.3 Métodos

A metodologia utilizada, foi a seguinte:

Considerando-se que parcelas permanentes para plantios convencionais de eucalipto devem ter área de aproximadamente 600 metros quadrados, para que haja segurança e eficiência ao utilizar os dados do inventario florestal contínuo, e que a parcela em SAF deve ser maior devido a sua baixa densidade por hectare, lançou-se ao acaso nas áreas estudadas parcelas de 30 metros de largura por 40 metros de comprimento, totalizando 1200 metros quadrados de área, onde foi observada a presença de 30 indivíduos por parcela, tamanho de parcela este que esta sendo objeto de estudo.

Nesta parcela foram coletados os diâmetros (*dap*) e alturas totais (*Ht*), através dos instrumentos citados anteriormente, de todos os indivíduos presentes na parcela.

Foram ajustados os modelos sigmoidais disponíveis no software Curve Expert versão 1.3, utilizando dados de 5, 10, 15, 20 e 25 árvores de cada parcela, individualmente para cada projeto, clone e idade. Os modelos avaliados, por meio do coeficiente de correlação entre alturas observadas e estimadas, do erro padrão residual e principalmente na análise de resíduos, foram os seguintes:

Logistic Model	$y=a/(1+b*\exp(-cx))$
Gompertz Relation	$y=a*\exp(-\exp(b-cx))$
Richards Model	$y=a/(1+\exp(b-cx)^{(1/d)})$
Weibull Model	$y=a-b*\exp(-c*x^d)$
MMF Model	$y=(a*b+c*x^d)/(b+x^d)$

Para cada SAF foram selecionadas as duas melhores equações.

4. Resultados e Discussão

Nas Tabelas 1,2,3,4 e 5 são apresentadas as equações geradas pelo software Curve Expert 1.3, onde observou-se o comportamento da altura total em relação ao *dap*, ou seja, a relação hipsométrica em povoamento do gênero *Eucalyptus* pertencentes ao sistema agroflorestal da fazenda Riacho de propriedade da CMM Agro.

Os resultados foram analisados individualmente para cada clone dentro de cada sistema agroflorestal (SAF), visando definir o melhor número de indivíduos a serem mensurados por parcela. Portanto foram duas as etapas do estudo: a primeira destinada a definição do melhor modelo e a segunda para definir o efeito da intensidade de amostragem de *dap* e *Ht* por parcela sobre a relação hipsométrica.

As equações geradas para cada SAF, utilizando 25, 20, 15, 10 e 5 pares de *dap,Ht* por parcela, são apresentadas nas Tabelas 1 a 5.

Tabela 1 – Equações hipsométricas para SAFs, ajustadas a dados de *dap* e *Ht* das 25 primeiras árvores de cada parcela.

SAF	Clone	Modelo	Equação
SAF 97	CI 06	Logistic	$Ht=117,53/(1+4,73*\exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=69,91*\exp(-\exp(0,25-0,01*dap))$
	CI 07	Logistic	$Ht=206,74/(1+12,49*\exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=95,19*\exp(-\exp(0,66-0,01*dap))$
	CI 06 e 07	Gompertz	$Ht=32,12*\exp(-\exp(2,14-0,16*dap))$
		Logistic	$Ht=31,77/(1+16,08*\exp(-0,19*dap))$
SAF 99	CI 58	Richards	$Ht=24,63/(1+\exp(18,45-0,69*dap)^{(1/27,93)})$
		Logistic	$Ht=36,19/(1+2,28*\exp(-0,05*dap))$
	CI 55	Gompertz	$Ht=25,49*\exp(-\exp(1,87-0,19*dap))$
		Logistic	$Ht=25,00/(1+14,77*\exp(-0,244*dap))$
	CI 55 e 58	Gompertz	$Ht=27,95*\exp(-\exp(0,13-0,07*dap))$
		Logistic	$Ht=27,50/(1+1,62*\exp(-0,08*dap))$
SAF 2002	CI 58	Logistic	$Ht=14,42/(1+2,45*\exp(-0,15*dap))$
		Gompertz	$Ht=15,61*\exp(-\exp(0,36-0,10*dap))$
	CI 8B	Logistic	$Ht=10,90/(1+0,42*\exp(-0,14*dap))$
		Gompertz	$Ht=10,97*\exp(-\exp(-0,99-0,12*dap))$
	CI 58 e 8B	Richards	$Ht=11,36/(1+\exp(55,91-3,98*dap)^{(1/91,89)})$
		Logistic	$Ht=20,37/(1+2,63*\exp(-0,08*dap))$

Tabela 2 - Equações obtidas a partir de regressão utilizando-se o modelo sigmoidal, considerando a altura das 20 primeiras árvores.

SAF	Clone	Modelo	Equação
SAF 97	Clone 06	Logistic	$Ht=167,09/(1+7,64*exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=68,99*exp(-exp(0,31-0,02*dap))$
	CI 07	Gompertz	$Ht=31,91*exp(-exp(2,03-0,16*dap))$
		Logistic	$Ht=31,60/(1+13,76*exp(-0,19*dap))$
	CI 06 e 07	Richards	$Ht =28,81/(1+exp(77,86-3,28*dap)^{(1/235,47)})$
		Logistic	$Ht=30,72/(1+1,37*exp(-0,12*dap))$
SAF 99	CI 58	Richards	$Ht=24,14/(1+exp(26,98-1,05*dap)^{(1/41,7)})$
		Logistic	$Ht=35,97/(1+2,3*exp(-0,05*dap))$
	CI 55	Gompertz	$Ht=24,04*exp(-exp(3,67-0,31*dap))$
		Logistic	$Ht=23,96/(1+67,68*exp(-0,34*dap))$
	CI 55 e 58	Gompertz	$Ht=28*exp(-exp(0,14-0,07*dap))$
		Logistic	$Ht=27,48/(1+1,65*exp(-0,09*dap))$
SAF 2002	CI 58	Logistic	$Ht=17,81/(1+2,34*exp(-0,10*dap))$
		Gompertz	$Ht=46,25*exp(-exp(0,72-0,02*dap))$
	CI 8B	Richards	$Ht=12,17/(1+exp(10,35-0,23*dap)^{(1/45,09)})$
		MMF	$Ht=(8,93*11,12+13,85*dap^{0,58})/(11,12+dap^{0,58})$
	CI 58 e 8B	Richards	$Ht=11,36/(1+exp(183,05-12,98*dap)^{(1/318,59)})$
		Logistic	$Ht=18,03/(1+2,31*exp(-0,09*dap))$

Tabela 3 - Equações obtidas a partir de regressão utilizando-se o modelo sigmoidal, considerando a altura das 15 primeiras árvores,

SAF	Clone	Modelo	Equação
SAF 97	CI 06	Logistic	$Ht=241,91/(1+11,85*exp(-0,02*dap))$
		Weibull	$Ht=45,92-22,38*exp(-0,0001*dap^{2,55})$
	CI 07	Gompertz	$Ht=33,31*exp(-exp(1,38-0,12*dap))$
		Logistic	$Ht=32,85/(1+6,99*exp(-0,15*dap))$
	CI 06 e 07	Logistic	$Ht=29,18/(1+807,48*exp(-0,45*dap))$
		Gompertz	$Ht=29,21*exp(-exp(6,23-0,49*dap))$
SAF 99	CI 58	Logistic	$Ht=27,35/(1+3,16*exp(-0,11*dap))$
		Gompertz	$Ht=28,06*exp(-exp(0,64-0,09*dap))$
	CI 55	Logistic	$Ht=24,52/(1+62,92*exp(-0,32*dap))$
		Gompertz	$Ht=24,67*exp(-exp(3,45-0,29*dap))$
	CI 55 e 58	Gompertz	$Ht=25,29*exp(-exp(0,71-0,12*dap))$
		Logistic	$Ht=25,10/(1+2,95*exp(-0,14*dap))$

SAF 2002	CI 58	Gompertz	$Ht=13,15*\exp(-\exp(0,79-0,18*dap))$
		Logistic	$Ht=12,97/(1+3,53*\exp(-0,22*dap))$
	CI 8B	Logistic	$Ht=4,79/(1+-0,59*\exp(-0,009*dap))$
		Weibull	$Ht=10,62-199,67*\exp(-25,98*dap^{-0,58})$
	CI 58 e 8B	Logistic	$Ht=-14,71/(1+-3,11*\exp(-0,02*dap))$
Gompertz		$Ht=57,56*\exp(-\exp(0,79-0,02*dap))$	

Tabela 4 - Equações obtidas a partir de regressão utilizando-se o modelo sigmoidal, considerando a altura das 10 primeiras árvores,

SAF	Clone	Modelo	Equação
SAF 97	CI 06	Logistic	$Ht=32,10/(1+84,50*\exp(-0,30*dap))$
		Gompertz	$Ht=32,25*\exp(-\exp(3,79-0,27*dap))$
	CI 07	Gompertz	$Ht=28,52*\exp(-\exp(20,12-1,00*dap))$
		Richards	$Ht=28,72/(1+\exp(13,90-0,78*dap)^{(1/0,30)})$
	CI 06 e 07	Logistic	$Ht=29,01/(1+19050,32*\exp(-0,60*dap))$
		Gompertz	$Ht=29,03*\exp(-\exp(9,34-0,58*dap))$
SAF 99	CI 58	Logistic	$Ht=30,89/(1+2,06*\exp(-0,07*dap))$
		Gompertz	$Ht=45,31*\exp(-\exp(0,31-0,02*dap))$
	CI 55	Logistic	$Ht=2514,43/(1+087,16*\exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=69,69*\exp(-\exp(0,58-0,02*dap))$
	CI 55 e 58	Logistic	$Ht=85,06/(1+4,37*\exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=48,71*\exp(-\exp(0,17-0,02*dap))$
SAF 2002	CI 58	Logistic	$Ht=-35,05/(1+-5,68*\exp(-0,02*dap))$
		Weibull	$Ht=17,64-9,15*\exp(-0,001*dap^{2,048})$
	CI 8B	Logistic	$Ht=9,77/(1+-2693313,6*\exp(-1,66*dap))$
		Weibull	$Ht=17,12-8,03*\exp(-7721,36*dap^{-4,54})$
	CI 58 e 8B	Logistic	$Ht=-24,81/(1+-4,36*\exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=31,03*\exp(-\exp(0,69-0,01*dap))$

Tabela 5 - Equações obtidas a partir de regressão utilizando-se o modelo sigmoidal, considerando a altura das 5 primeiras árvores,

SAF	Clone	Modelo	Equação
SAF 97	CI 06	Gompertz	$Ht=30,26*\exp(-\exp(23,36-1,21*dap))$
		Richards	$Ht=30,68/(1+\exp(9,74-0,65*dap)^{(1/0,18)})$
	CI 07	Logistic	$Ht=28,89/(1+106024,99*\exp(-0,61*dap))$
		Gompertz	$Ht=28,96*\exp(-\exp(10,46-0,56*dap))$
	CI 06 e 07	Gompertz	$Ht=28,78*\exp(-\exp(81,68-3,77*dap))$
		Richards	$Ht=29,19/(1+\exp(10,20-0,67*dap)^{(1/0,14)})$

SAF 99	CI 58	Logistic	$Ht=493899,17/(1+39996,06*\exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=89,63*\exp(-\exp(0,74-0,02*dap))$
	CI 55	Logistic	$Ht=23,67/(1+10171,48*\exp(-0,61*dap))$
		Gompertz	$Ht=23,70*\exp(-\exp(8,63-0,58*dap))$
	CI 55 e 58	Logistic	$Ht=88,27/(1+4,60*\exp(-0,02*dap))$
		Gompertz	$Ht=48,91*\exp(-\exp(0,17-0,02*dap))$
SAF 2002	CI 58	Logistic	$Ht=14,05/(1+2,32*\exp(-0,15*dap))$
		Gompertz	$Ht=15,36*\exp(-\exp(0,30-0,10*dap))$
	CI 8B	Logistic	$H=6,67/(1+-0,42*\exp(-0,02*dap))$
		Weibull	$H=10,79-30,14*\exp(-9,98*dap^{-0,42})$
	CI 58 e 8B	Logistic	$Ht=18,24/(1+2,05*\exp(-0,08*dap))$
		Gompertz	$Ht=32,78*\exp(-\exp(0,50-0,03*dap))$

Para permitir melhor interpretação do efeito do número de árvores utilizadas por parcela sobre a relação hipsométrica ajustada, foram elaboradas as Figuras 1 a 9, para diâmetros de 15 a 33 cm, considerando a amplitude de classe 2. Nessas figuras, para os Clones 6, 7, 58, 55 e 8B, nos projetos SAF97, SAF98 e SAF2002, que correspondem às idades 7, 6 e 2 anos de idade, respectivamente, são apresentadas as tendências e respectivas equações hipsométricas obtidas. Em cada uma dessas figuras foi mantida a mesma relação funcional (modelo) para permitir comparação direta. Por exemplo, para SAF 2002 e clone 58, para amostragem de 15 primeiras árvores o modelo Gompertz foi ligeiramente superior em termos de ajuste; nos demais casos a função logística foi classificada em primeiro lugar. Observe, por exemplo, na figura 1 que as equações oriundas do modelo logístico foram mantidas nos cinco casos. Para o clone 58 no SAF2002, utilizando as 25, 20, 15, 10 e 5 primeiras árvores de cada parcela, foram obtidas as seguintes equações ao ajustar o modelo logístico:

Numero de árvores	Equações Ajustadas
25	$Ht=14.42/(1+2.45*\exp(-0.15*dap))$
20	$Ht=17.81/(1+2.34*\exp(-0.10*dap))$
15	$Ht=12.97/(1+3.53*\exp(-0.22*dap))$
10	$Ht=-35.05/(1+-5.68*\exp(-0.02*dap))$
5	$Ht=14.05/(1+2.32*\exp(-0.15*dap))$

Pelas equações obtidas verifica-se que a relação hipsométrica pode mudar de modo significativo em função do número de árvores mensuradas. Este inconveniente pode ser resolvido pela implementação de modelos hipsométricos que incluam a altura dominante como variável independente. O fato é que o uso de diferentes números de árvores para estabelecer relações do tipo $Ht = f(dap)$ pode resultar em diferentes estimativas de altura.

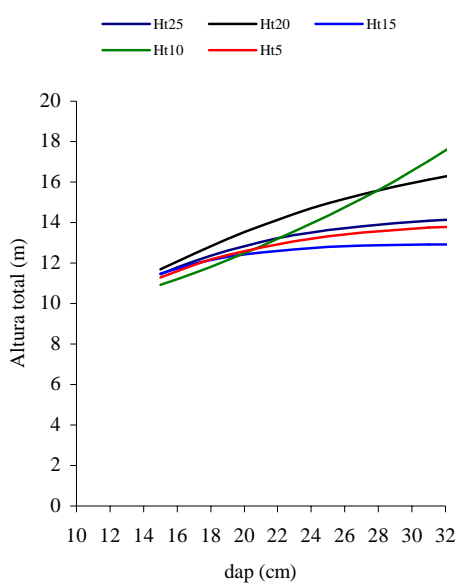


Figura 1 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para clone 58 com 2 anos de idade.

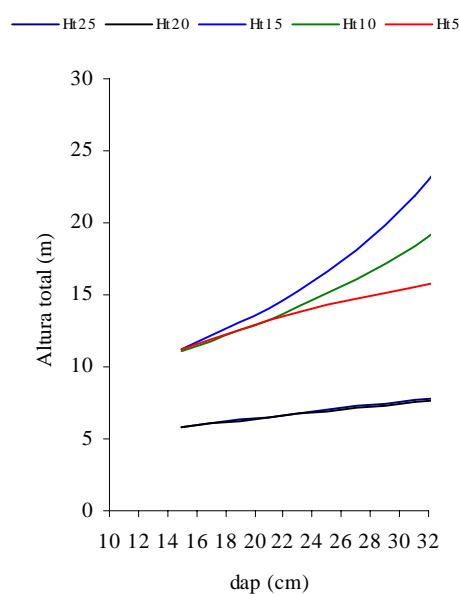


Figura 2 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para os clones 8B e 58 com 2 anos de idade.

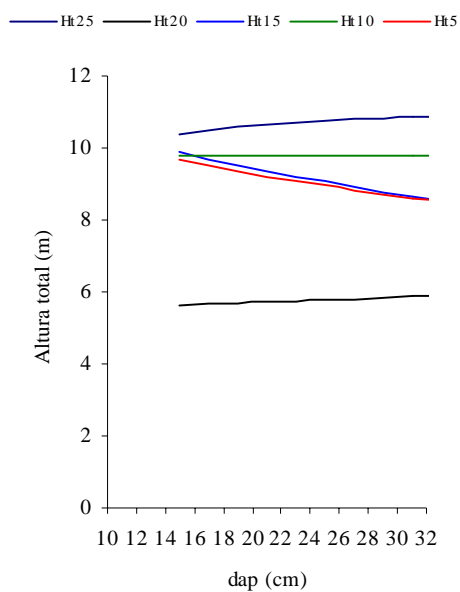


Figura 3 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para o clone 8B com 2 anos de idade.

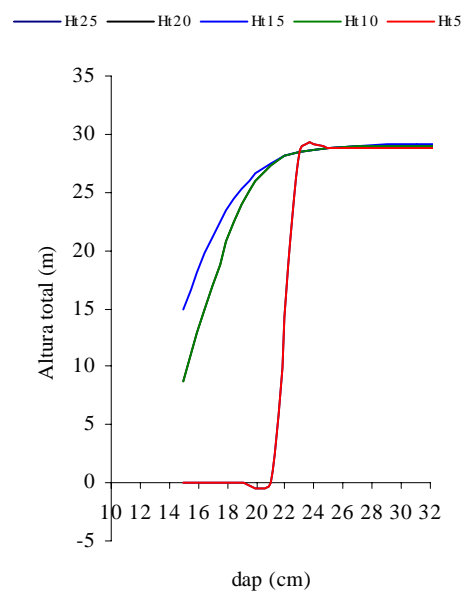


Figura 4 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para clones 6 e 7 e idade de 7 anos.

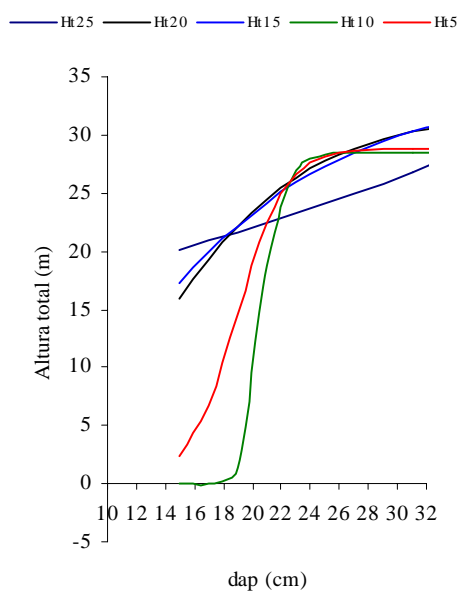


Figura 5 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para o clone 07 com 7 anos de idade.

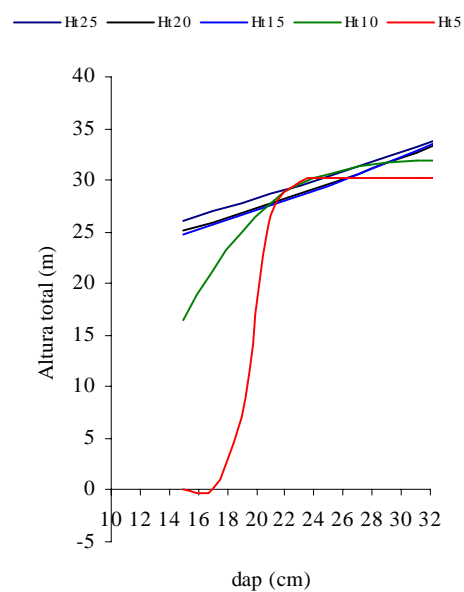


Figura 6 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para o clone 06 com 7 anos de idade.

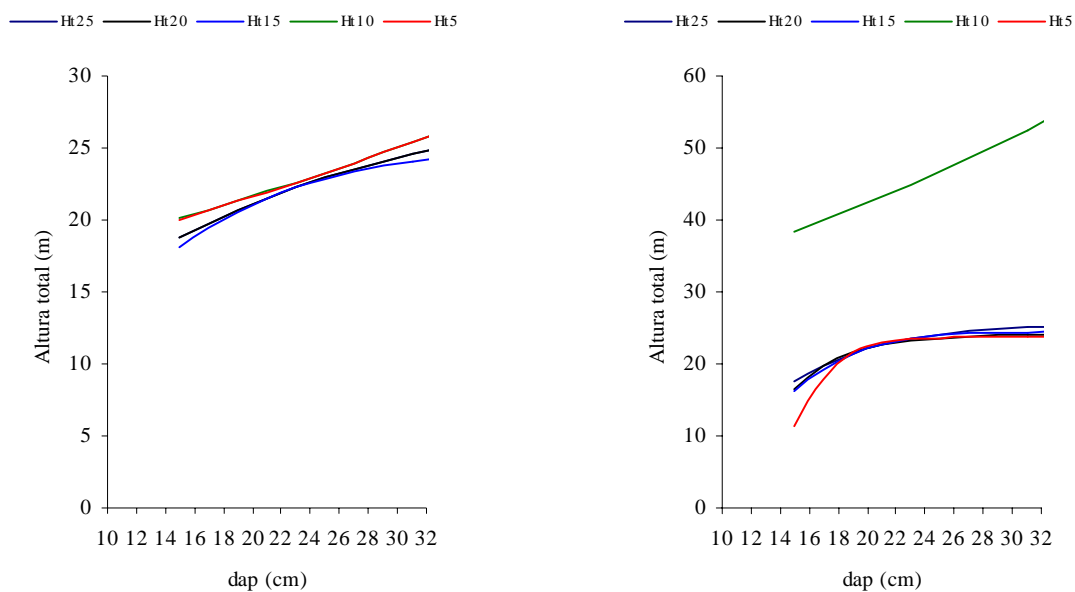


Figura 7 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para os clones 55 e 58 com 6 anos de idade. Figura 8 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para o clone 55 com 6 anos de idade.

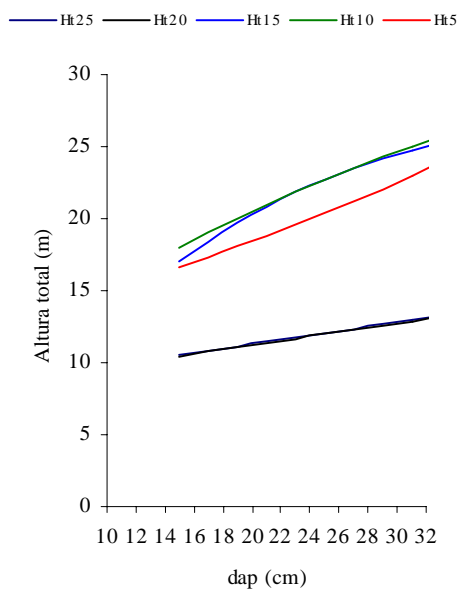


Figura 9 – Altura estimada pelas equações ajustadas com dados de 25, 20, 15, 10 e 5 árvores por parcela, para o clone 58 com 6 anos de idade.

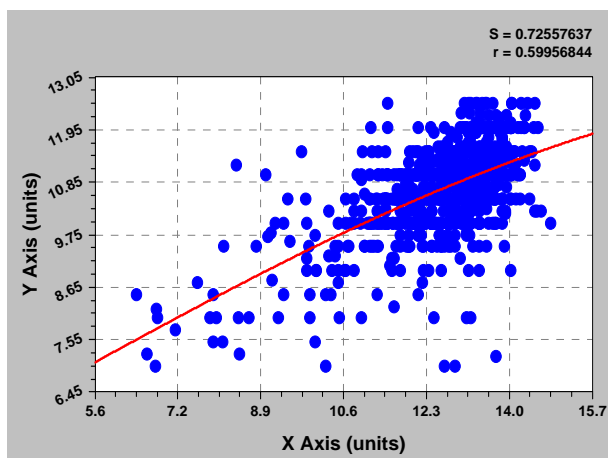
Ao manter o eixo Y com escala partindo de zero (0) verifica-se que a variação de altura em função do *dap* é pequena (ver por exemplo a Figura 9). Com exceção de alguns casos a tendência da relação $Ht = f(dap)$ é praticamente linear, sugerindo o uso de modelos simplificados, como o modelo $\text{Ln}Ht = b_0 + b_1/dap + e$. Ocorre que, independente da tendência observada, ao estudar relações hipsométricas, bem como qualquer outro fenômeno biológico, é extremamente importante utilizar modelos mecanísticos, isto é, modelos oriundos de considerações biológicas. Isto é o que ocorre com os modelos sigmoidais testados neste estudo; todos eles são mecanísticos, tendo parâmetros interpretáveis (por exemplo, o alfa no modelo logístico representa uma assíntota, isto é, o valor máximo esperado para a característica estudada, Y).

Cabe lembrar que o objetivo do estudo foi estudar as relações hipsométricas e verificar o efeito da intensidade de amostragem de pares de *dap, Ht* sobre a relação hipsométrica gerada. Com base nas Figuras 1 a 9 é possível inferir que o uso indiscriminado de pequenos números de pares por parcela pode resultar em relações hipsométricas extremamente tendenciosas.

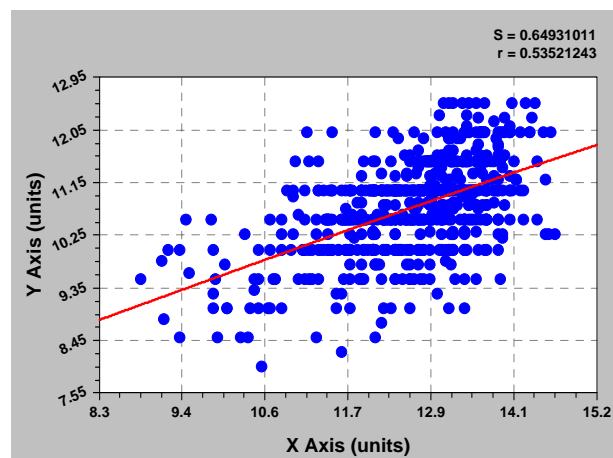
A princípio as duas equações geradas para cada clone dentro de cada SAF podem ser utilizadas para estimar a altura, mas recomenda-se o uso da primeira equação gerada, pois foi observado através de ferramentas estatísticas que a mesma apresenta melhor desempenho para tal finalidade.

Pode-se observar e recomendar a utilização de uma equação específica para cada clone dentro de cada SAF, pois ao se utilizar uma única equação para se obter a altura observada e conseqüentemente o volume da floresta pode ocorrer subestimação ou superestimação das alturas, causando uma alta margem de erro no inventário o que é indesejável.

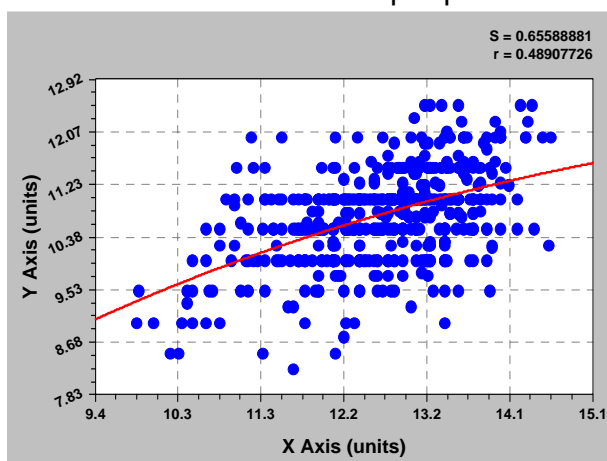
Quanto ao número de indivíduos as quais devem ser tomadas as alturas observadas dentro de cada parcela, para gerar a equação, foram obtidos através de gráficos gerados pelo Curve Expert 1.3, e ferramentas estatísticas, resultados que apontam para o uso de 15 primeiras árvores de cada parcela se o modelo for do tipo $Ht=f(dap)$ (Figuras 10 a 11) Números inferiores a este podem resultar em tendências diferentes daquelas observadas na totalidade dos dados de cada parcela.



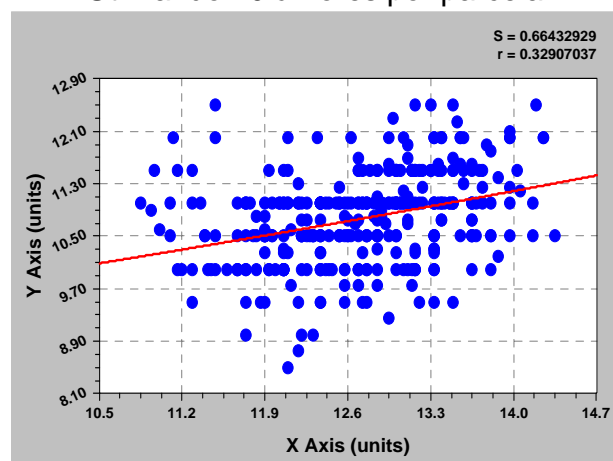
Utilizando 25 árvores por parcela



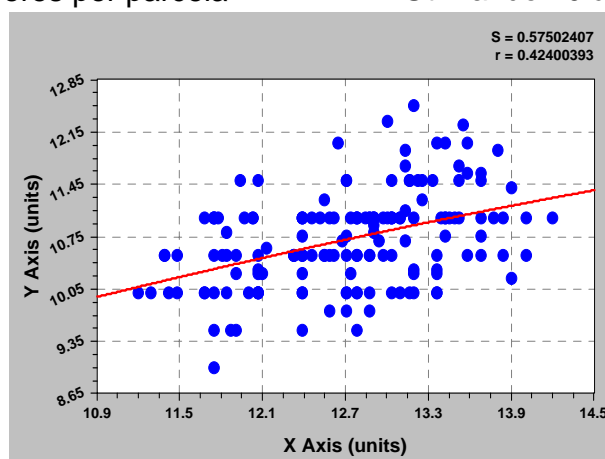
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

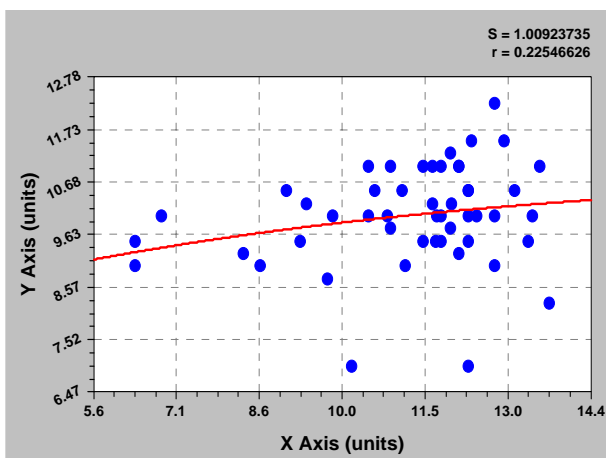


Utilizando 10 árvores por parcela

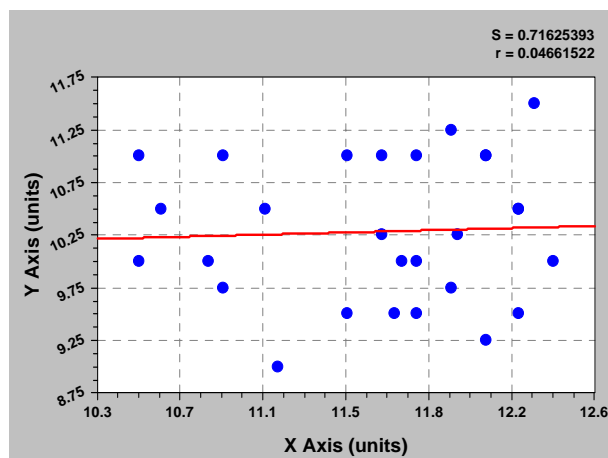


Utilizando 5 árvores por parcela

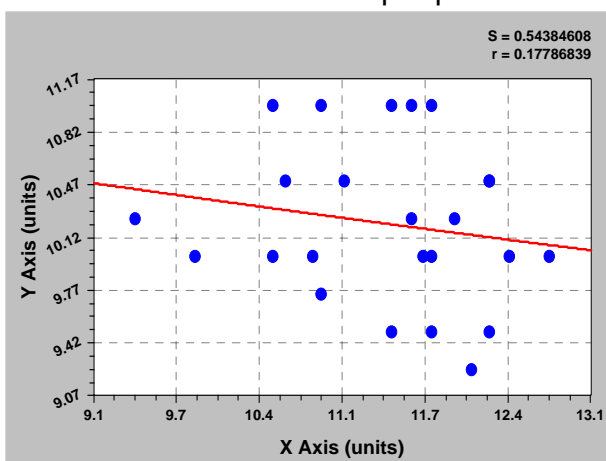
Figura 10 –Relações entre altura total e *dap* para o clone 58 no SAF 2002, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



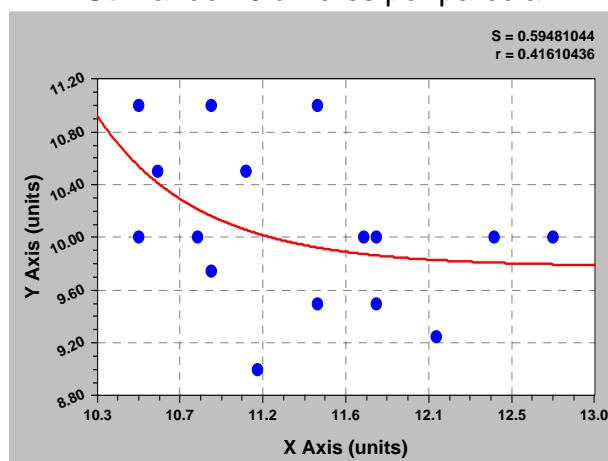
Utilizando 25 árvores por parcela



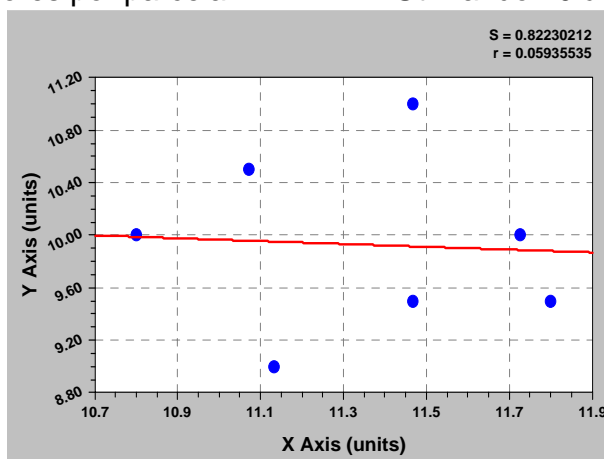
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

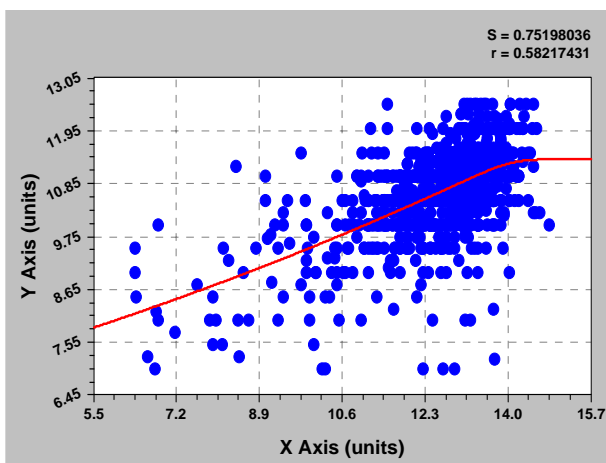


Utilizando 10 árvores por parcela

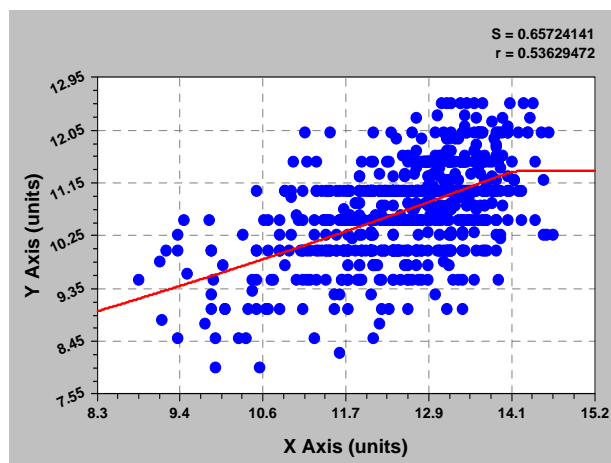


Utilizando 5 árvores por parcela

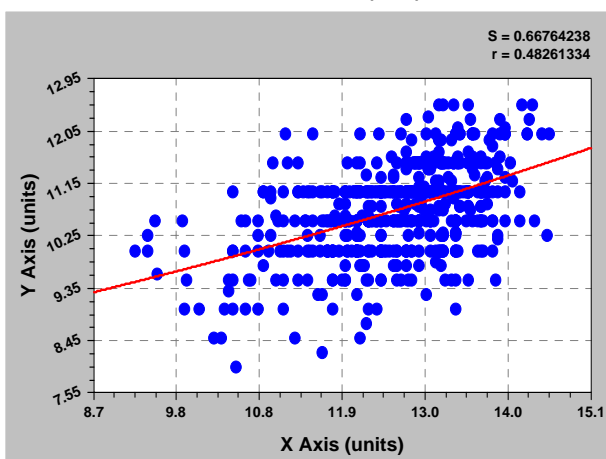
Figura 11 –Relações entre altura total e *dap* para o clone 8B no SAF 2002, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



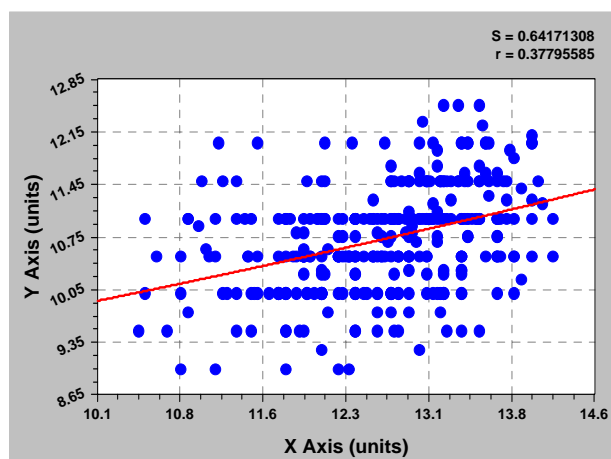
Utilizando 25 árvores por parcela



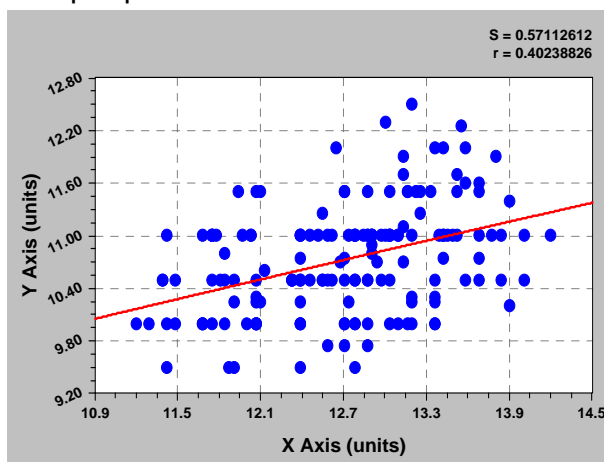
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

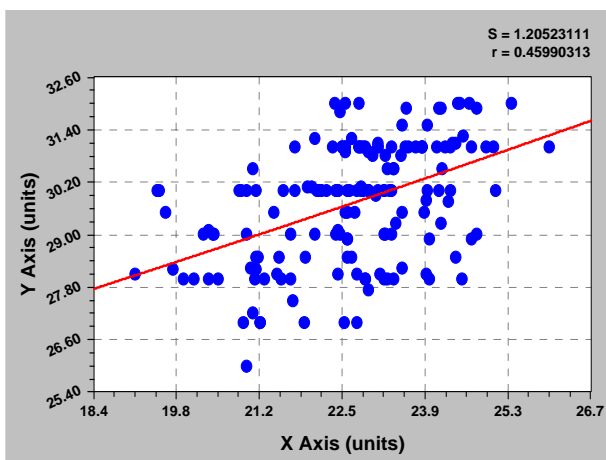


Utilizando 10 árvores por parcela

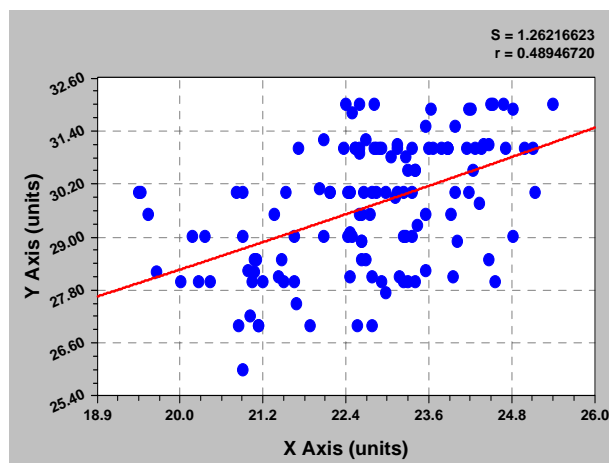


Utilizando 5 árvores por parcela

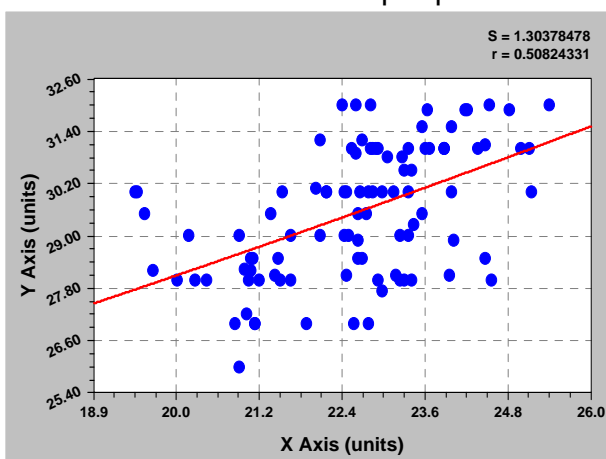
Figura 12 –Relações entre altura total e *dap* para os clones 8B e 58 no SAF 2002, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



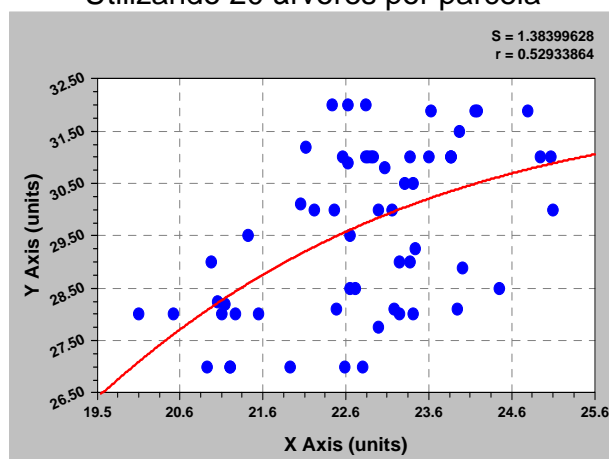
Utilizando 25 árvores por parcela



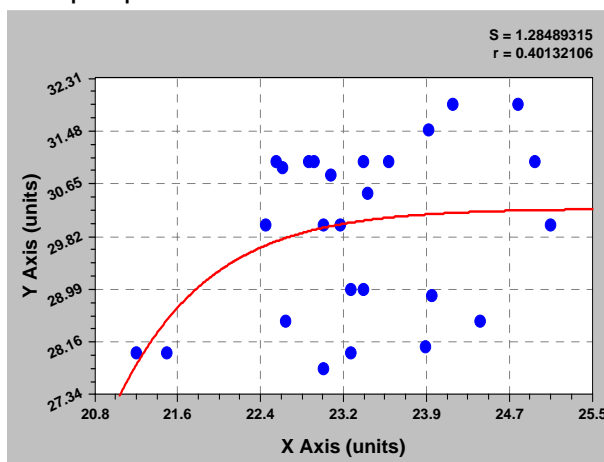
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

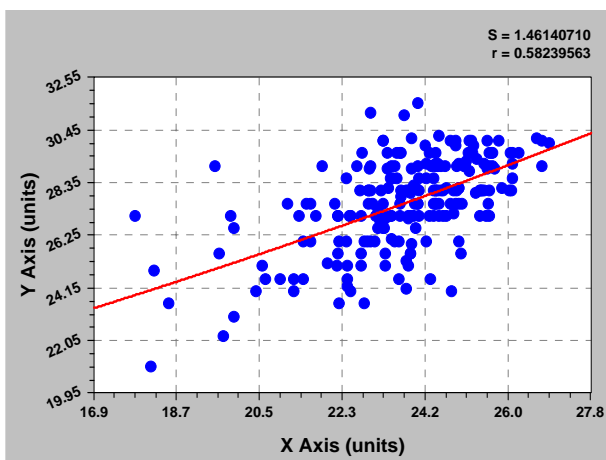


Utilizando 10 árvores por parcela

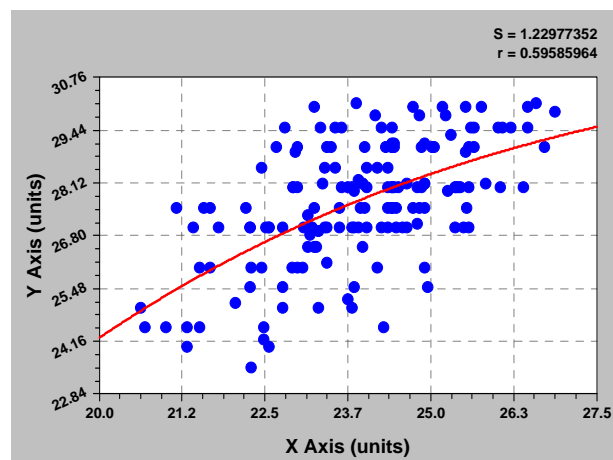


Utilizando 5 árvores por parcela

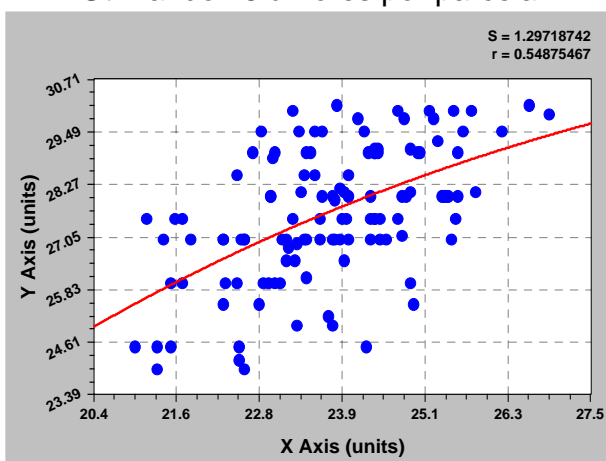
Figura 13 –Relações entre altura total e *dap* para o clone 06 no SAF 97, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



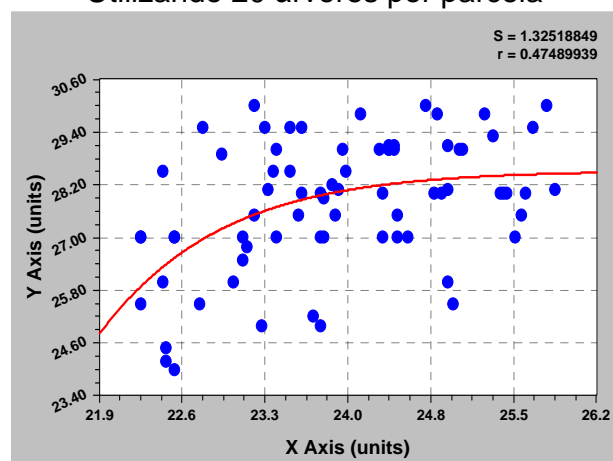
Utilizando 25 árvores por parcela



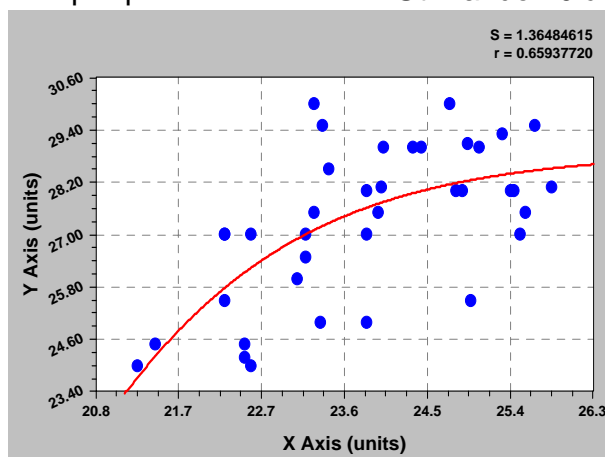
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

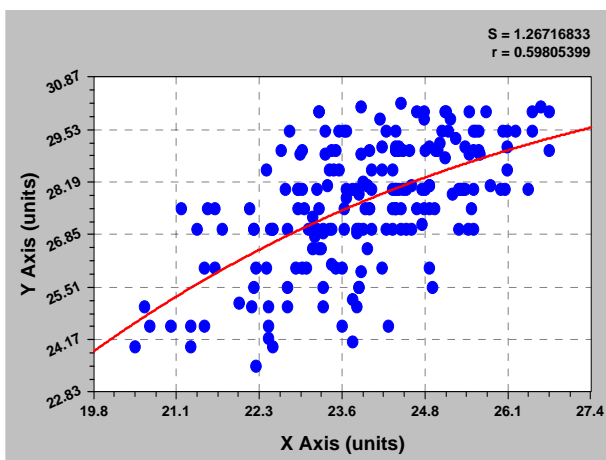


Utilizando 10 árvores por parcela

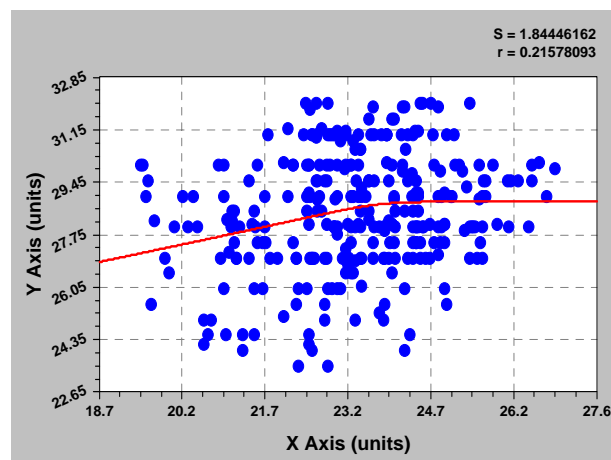


Utilizando 5 árvores por parcela

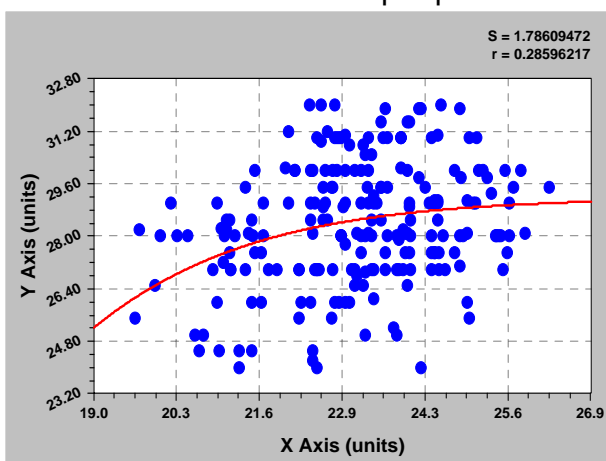
Figura 14 –Relações entre altura total e *dap* para o clone 07 no SAF 97, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



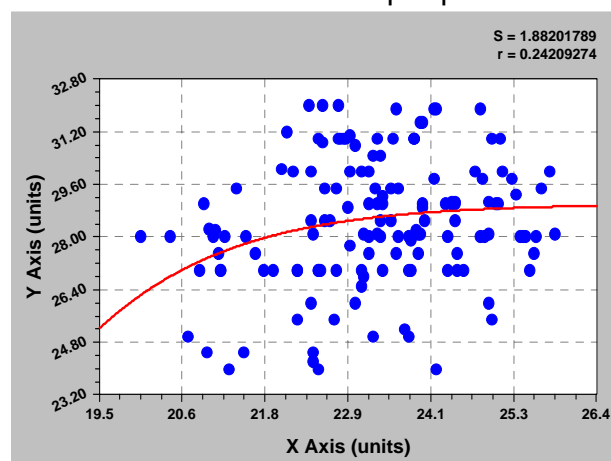
Utilizando 25 árvores por parcela



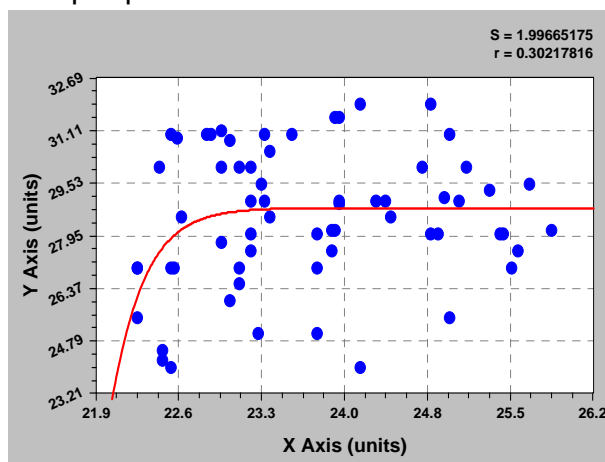
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

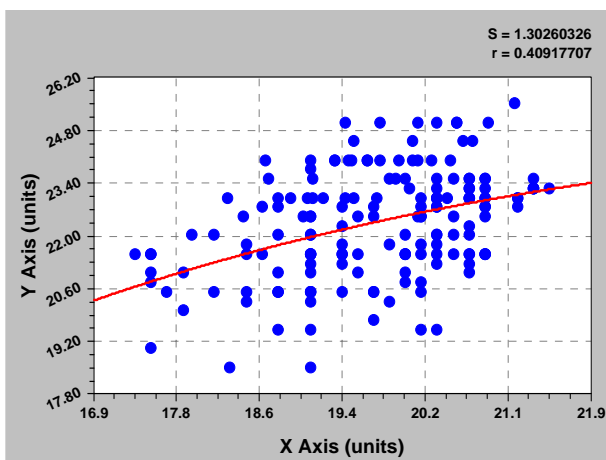


Utilizando 10 árvores por parcela

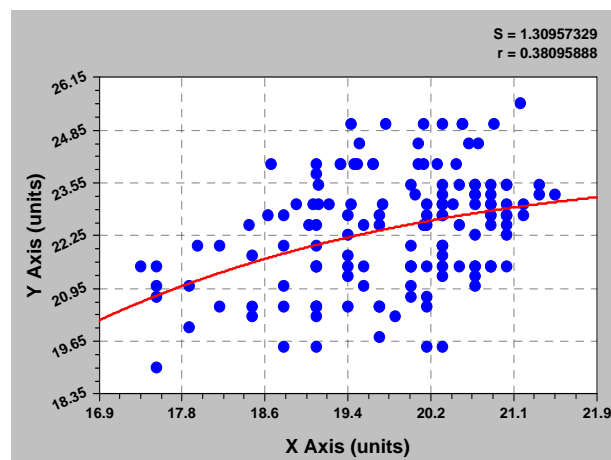


Utilizando 5 árvores por parcela

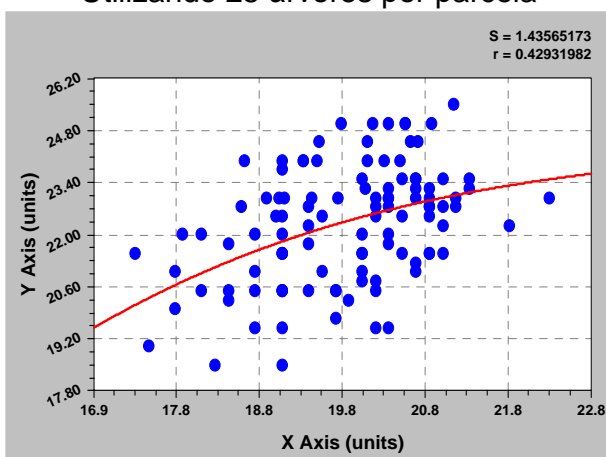
Figura 15 –Relações entre altura total e *dap* para os clones 06 e 07 no SAF 97, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



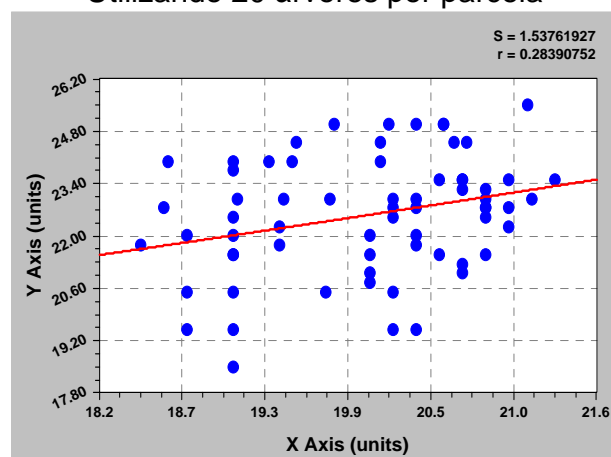
Utilizando 25 árvores por parcela



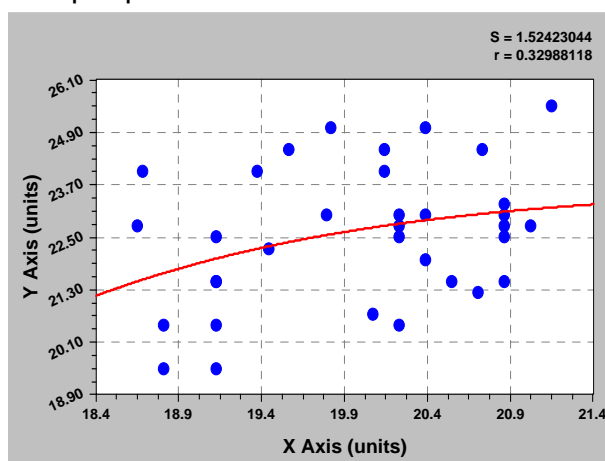
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

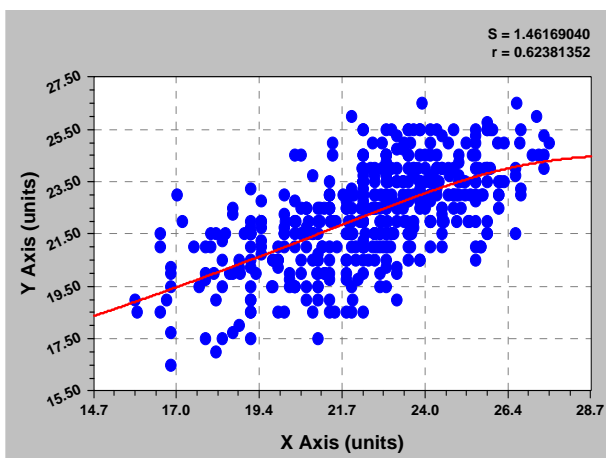


Utilizando 10 árvores por parcela

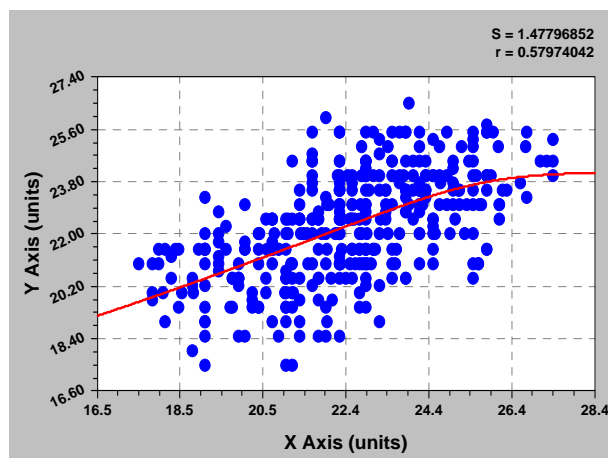


Utilizando 5 árvores por parcela

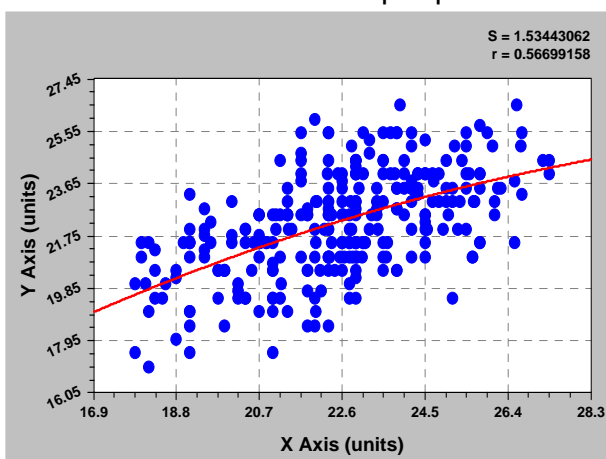
Figura 16 –Relações entre altura total e *dap* para o clone 55 no SAF 99, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



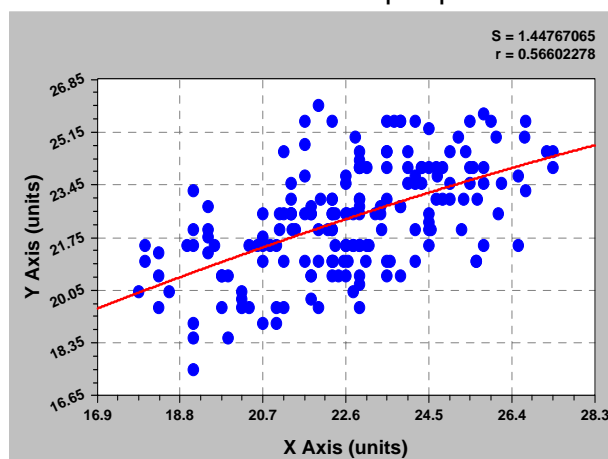
Utilizando 25 árvores por parcela



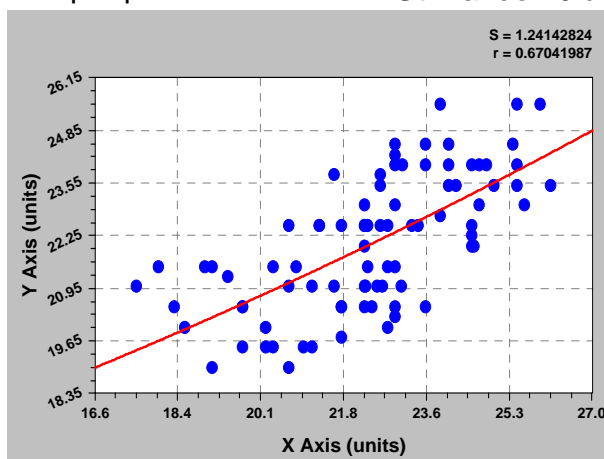
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela

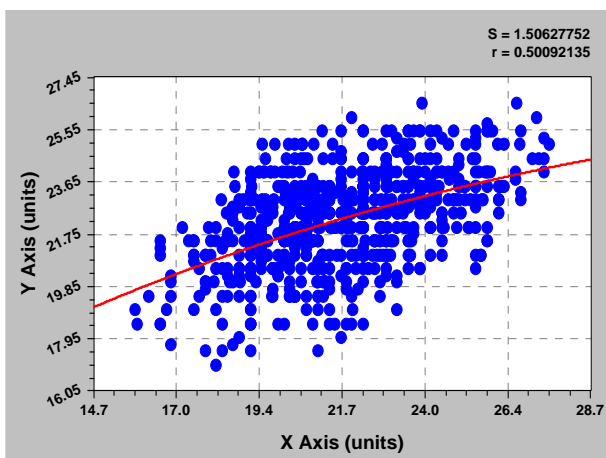


Utilizando 10 árvores por parcela

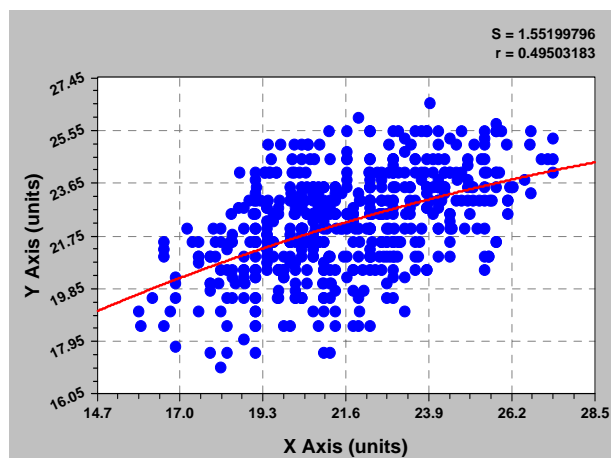


Utilizando 5 árvores por parcela

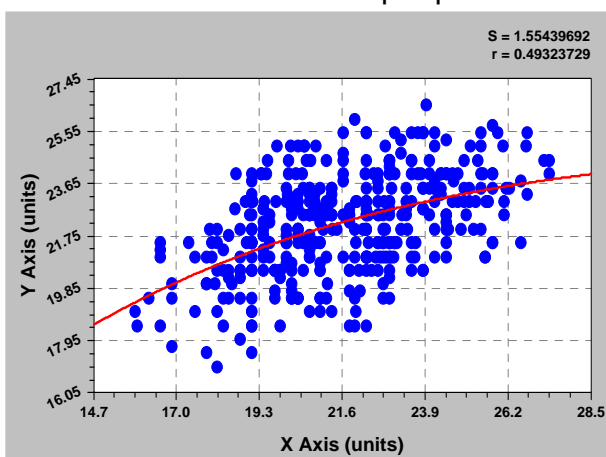
Figura 17 –Relações entre altura total e *dap* para o clone 58 no SAF 99, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.



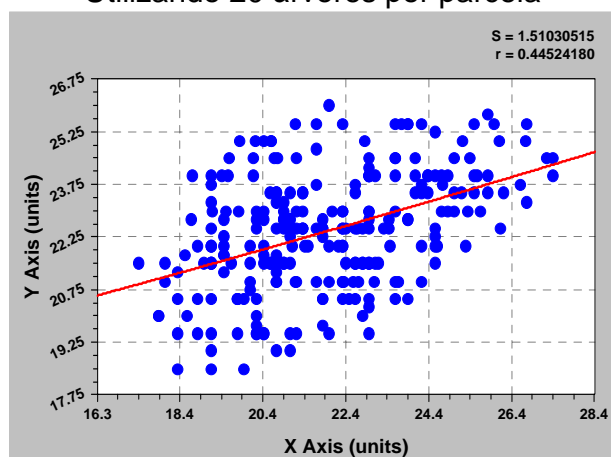
Utilizando 25 árvores por parcela



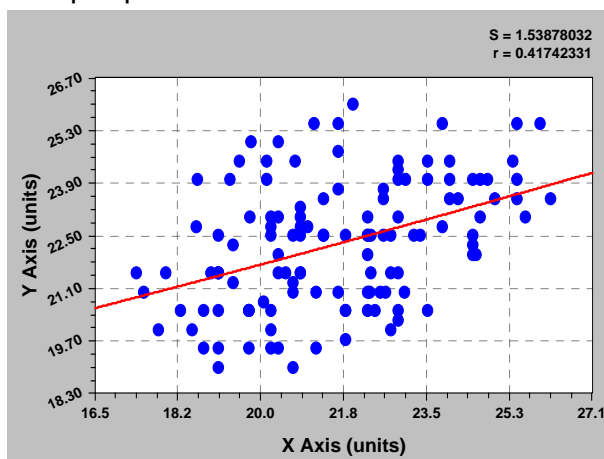
Utilizando 20 árvores por parcela



Utilizando 15 árvores por parcela



Utilizando 10 árvores por parcela

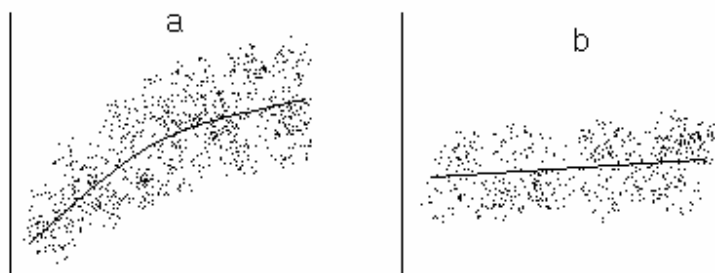


Utilizando 5 árvores por parcela

Figura 18 –Relações entre altura total e *dap* para os clones 55 e 58 no SAF 99, utilizando diferentes números de árvores por parcela, onde X=DAP e Y=Ht.

5. Conclusões

Ao analisar as Figuras 10 a 18 em verificam-se coeficientes de determinação relativamente baixos. Estes valores ocorrem devido à dispersão natural observada na altura para diferentes valores de *dap*. Conforme Campos e Leite (2002) equações hipsométricas em geral resultam em estatísticas de ajustes relativamente baixas devido à grande dispersão que ocorre no campo. Nesse estudo, os valores relativamente baixos ocorreram também porque, em média, os valores de altura total não variaram muito. Isto parece contraditório, porém, a ilustração a seguir facilita o entendimento. O coeficiente de determinação é baixo devido à grande dispersão observada, embora o modelo tenha sido esteja bem ajustado; em b ele é relativamente baixo pelo mesmo motivo e também porque o grau de associação linear entre *dap* e *ht* é muito baixo.



Duas situações hipotéticas com coeficiente de determinação relativamente baixo para uma relação funcional $Y = f(X) + e$

As qualidades dos ajustamentos (Figuras 10 a 18) não comprometeram o trabalho uma vez que foi possível concluir sobre o efeito da intensidade de amostragem sobre a relação hipsométrica e definir um número mínimo de pares de *dap*, *Ht* para obter tal relação. Na prática a intensidade de amostragem indicada neste estudo deve ser seguida e outras variáveis independentes devem ser incluídas nos modelos, por exemplo, a altura dominante, o índice de local e a idade (Campos e Leite, 2002). Mesmo com a inclusão dessas variáveis o número de dados de diâmetro e altura por parcela no SAF não deve ser inferior a 15.

As conclusões do estudo foram:

Deve-se tomar cuidado ao estimar a altura total em inventário contínuo de SAFs, não sendo recomendado utilizar número inferior a 15 pares de *dap*, *Ht* por parcela permanente;

A relação hipsométrica muda com a idade do SAF;

Em geral a função logística é mais indicada para estimar altura em SAF, utilizando apenas o *dap* como variável independente.

6. Referências Bibliográficas

ALTIERI, M.A. **Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture**. Boulder: Westview Press, 1987. 285p.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração Florestal – Perguntas e Respostas**. Editora UFV. Viçosa, MG, 2002. 407 p.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. UFSM, Santa Maria, RS, 1992. 269 p.

FRANKE, I. L.; MIRANDA, E. M.; VALENTIM, J. F. **Comportamento de espécies arbóreas de uso múltiplo para Sistemas Agroflorestais no estado do Acre**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORSTAS, 3., 2000, Manaus. Anais... Manaus: 2000. v. 1. p. 97-100.

FRANCO, F.S.- **DIAGNÓSTICO E DESENHO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO MUNICÍPIO DE ARAPONGA, ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**. Viçosa, Dezembro de 1995. 106 p.

GOLFARI, L . **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para o reflorestamento**. Belo Horizonte: PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 1975. 65 p. (Série técnica, 3).

HUXLEY, P.A. **Plant research and agroforestry**. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1983. 618 p.

KAIMOWITZ, D. **El avance de la agricultura sostenible en América Latina**. Agroecología y Desarrollo, Santiago, n.10, p.2-9, 1996.

MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry: classification and management**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 382 p.

MAGALHÃES, J. A. et al. **Avaliação de leguminosas arbóreas e arbustivas de múltiplo propósito em Rondônia.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. Anais... Manaus: 2000. v. 1. p. 42-47.

MELLO, J. W. V (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: UFV, SOBRADE, 1998. p. 163-176.

PASCHOAL, A.D. **Modelos sustentáveis de agricultura.** Agricultura Sustentável, Jaguariúna, v.2, n.1, p.11-16, 1995.

PASSOS, C.A.M.; COUTO, L. **Sistemas Agroflorestais potenciais para o Estado do Mato Grosso do Sul.** SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA O MATO GROSSO DO SUL, 1997. Dourados: EMBRAPA – CPAO. p. 16-22.

PORFÍRIO DA SILVA, V.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Sistemas Silvopastoris: paradigma dos pecuaristas para agregação de renda e qualidade.** Curitiba: EMATER, 1999. 48 p. (Boletim Técnico, 50)

REINERT, D. J. **Recuperação de solos em sistemas agropastoris.** In: DIAS, L. E.;

RODIGHER, H.R. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva-mate, eucalipto e pinus e as culturas do feijão, milho, soja e trigo.** R Colombo: EMBRAPA – CNPF, 1997. 35 p.

SÁ, T. D. A. **Aspectos climáticos associados a sistemas Agroflorestais: implicações no planejamento e manejo em regiões tropicais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. Anais... Colombo-PR: EMBRAPA/CNPFFlorestas, 1994. v. 1. p. 391-431.

SCHAITZA, E.; HOEFLICH, J.A.; RODIGHIERI, H.R.; FERRON, R. **A utilização de serrarias portáteis em florestas de pinus e eucalipto em pequenas propriedades rurais: a experiência da EMBRAPA/COTREL.** Colombo: EMBRAPA FLORESTAS, 2000. 25 p.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria florestal: medição e volumetria de árvores florestais.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310 p.

SHIKI, S. **Sustentabilidade do sistema agroalimentar nos cerrados: em busca de uma abordagem includente.** Agricultura Sustentável, Jaguariúna, v.2, n.1, p.17-30, 1995.

SILVA, J.C. Eucalipto – **A madeira do futuro.** REVISTA DA MADEIRA. Curitiba, set 2001. 114 p.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation.** 3.ed. Nairobi: ICRAF, 1994. 276 p.

I SEMINÁRIO DE BASE FLORESTAL. **A floresta plantada e seus desafios no século XXI.** Disponível em: <http://www.sbs.org.br/secure/Adhemar_Villela.ppt>. Acesso em: 29 de janeiro de 2005.